

51

Int. Cl.:

H 0 1/32

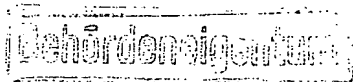
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 21 a4, 29/01
21 a4, 8/01
21 a2, 18/04



10

11

Offenlegungsschrift 2 306 294

21

Aktenzeichen: P 23 06 294.4

22

Anmeldetag: 8. Februar 1973

43

Offenlegungstag: 14. August 1974

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung: Schaltung zur Kompensation der Nichtlinearität eines Verstärkers, insbesondere des Leistungsverstärkers eines Fernsehsenders

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Rohde & Schwarz, 8000 München

Vertreter gem. § 16 PatG: —

72

Als Erfinder benannt: Mark, Hans, 8000 München

BEST AVAILABLE COPY

462 9032 LD

831 - P

2306294

B E S C H R E I B U N G
zu der Patentanmeldung

ROHDE & SCHWARZ
8000 München 90
Mühldorfstr. 15

betreffend

Schaltung zur Kompensation der Nichtlinearität
eines Verstärkers, insbesondere des Leistungs-
verstärkers eines Fernsehsenders

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltung zur Kompensation der Amplituden- und Phasen-Nichtlinearität eines Verstärkers oder einer Verstärkerkette, insbesondere des Leistungsverstärkers eines Fernsehsenders, mit einem das zu verstärkende Eingangssignal in der Amplitude und gegebenenfalls auch in der Phase entsprechend nichtlinear verzerrenden und in der zur Kompensation erforderlichen Weise phasenverschiebenden Vorverzerrer, dessen Ausgangssignal wieder dem unverzerrten Eingangssignal zugesetzt wird.

Bei Fernsehumsetzern und Fernsehsendern, insbesondere solchen, bei denen das Bild- und Tonsignal in den Hochfrequenz-Leistungsstufen gemeinsam verstärkt wird, sind besonders lineare Verstärkungsstufen erforderlich, um Linearitäts- bzw. Gradationsfehler und Intermodulationsstörungen zu vermeiden. Schon relativ kleine Amplituden- und Phasen-Nichtlinearitäten einer solchen Verstärkerstufe können die Ursache von beträchtlichen Intermodulationsstörungen sein. Besonders bei Hochfrequenzverstärkerstufen großer Leistung konnte deshalb die Aussteuerung

409833/0894

nicht so groß gewählt werden, wie dies bei entsprechenden Verstärkerstufen, die nur das Bildsignal übertragen und bei denen solche Nichtlinearitäten weniger stören, möglich ist. Die Leistungsausbeute bei solchen Fernsehsendern ist deshalb nicht optimal.

Zur Vermeidung dieser Nachteile sind schon die verschiedenartigsten Schaltungen zur Verminderung der Amplituden- und/oder Phasenverzerrungen des Leistungsverstärkers bekannt. Ihre Wirkung beruht im allgemeinen darauf, durch eine geeignete Vorverzerrungsschaltung das zu übertragende Signal vor dem Leistungsverstärker komplementär zu der erwarteten Verzerrung vorzuverzerrern. Dabei werden meist die zu erwartenden Amplitudenverzerrungen getrennt von den zu erwartenden Phasenverzerrungen betrachtet und auch gesondert durch entsprechende Vorverzerrung kompensiert. Bei einer bekannten Schaltung dieser Art (OS 2 147 167) wird beispielsweise mit einem in Abhängigkeit von der Modulation (Videosignal) des zu verstärkenden Hochfrequenzsignals gesteuerten Vorverzerrer das zu verstärkende Signal in der Amplitude entsprechend vorverzerrt. In einem Parallelzweig wird in ähnlicher Weise durch einen in Abhängigkeit vom Modulationssignal (Videosignal) gesteuerten weiteren Vorverzerrer eine entsprechende Phasenvorverzerrung des Signals erreicht, wie dies an sich zur reinen Phasenkompensation ohne Amplitudenvorverzerrung auch schon bei einer anderen Schaltung bekannt ist (Siemens-Bauelemente-Information 7, 1969, 2, Seiten 40-41). Es ist auch bekannt, zur Amplitudenvorverzerrung einen einfachen nicht gesteuerten Diodenverzerrer beispielsweise in Form von zwei entgegengesetzt parallelgeschalteten Dioden vorzusehen, dem eingangsseitig das Hochfrequenzsignal zugeführt wird und an dessen Ausgang bedingt durch die Kennlinienkrümmung des Diodenverzerrers ein entsprechend vorverzerrtes Ausgangssignal entsteht, das dann dem nichtlinearen Leistungsverstärker zugeführt wird. All diesen bekannten Vorverzerrungsschaltungen

409833/0894

ist der Nachteil gemeinsam, daß die damit erreichbaren Vorverzerrungen stets bestimmt sind durch die vorgegebene Kennlinie der hierbei verwendeten Verzerrungsglieder, im allgemeinen also durch die Kennlinie der verwendeten Verzerrerdioden. Diese Kennlinien der Verzerrungsglieder für die Amplituden- bzw. Phasenvorverzerrung verlaufen jedoch nur in den seltensten Fällen hinreichend komplementär zu der Kennlinie des zu kompensierenden Leistungsverstärkers, so daß mit diesen bekannten Kompensationsschaltungen nur eine annähernde Linearisierung erreicht werden kann und somit auch die Leistungsausbeute bei Fernsehsendern mit den bekannten Schaltungen ebenfalls nicht optimal sein kann und weiterhin zu große Intermodulationsstörungen zu befürchten sind.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Kompensationsschaltung dieser Art zu schaffen, mit der jede beliebig gekrümmte Kennlinie eines Verstärkers entsprechend komplementär nachgebildet werden kann und mit der somit eine hinreichende Kompensation der Nichtlinearität eines Verstärkers nach Betrag und Phase erreicht wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Schaltung nach dem Hauptanspruch. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen dieser erfindungsgemäßen Schaltung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Bei der erfindungsgemäßen Schaltung wird also über die einzelnen parallelgeschalteten und unabhängig voneinander nach Betrag und Phase bemessenen oder eingestellten Zweige synthetisch eine zur nichtlinearen Kennlinie des zu kompensierenden Verstärkers komplementäre Kennlinie nachgebildet, und es ist damit je nach Anzahl der verwendeten Zweige und damit je nach Berücksichtigung entsprechend vieler Potenzen der die Nichtlinearität verursachenden Potenzreihe der Verstärkungskennlinie eine praktisch vollständige Linearisierung

409833/0894

der Verstärkung von Hochfrequenzsignalen, beispielsweise von Fernsehsignalen, möglich. Damit können beispielsweise klystronbestückte Leistungsverstärker von Fernsehsendern mit extrem hohem Wirkungsgrad betrieben werden, ohne daß hierbei störende Intermodulationsprodukte zu befürchten sind. Die erfindungsgemäße Schaltung kann dabei in jeder Lage des Verstärkungszuges angeordnet werden, vorzugsweise jedoch in der Zwischenfrequenzebene. Die erfindungsgemäße Schaltung kann sowohl modulierte als auch unmodulierte Hochfrequenzsignale entsprechend optimal vorverzerren.

Die Verstärkerkennlinie eines Schmalband-Hochfrequenzverstärkers, wie er als Fernsehleistungsverstärker vorwiegend verwendet wird, beispielsweise eines Klystronverstärkers, verläuft nach der Beziehung

$$U_A = a_1 \cdot U - a_3 U^3 + a_5 U^5 \dots a_n U^n$$

Bei Breitbandverstärkern würden in dieser Formel auch noch die Glieder geradzahliger Potenzen und ein Gleichstromglied enthalten sein. Für andere Verstärker ist der Zusammenhang zwischen den einzelnen Potenzgliedern abgesehen von den Vorzeichen der Glieder ähnlich. Im erwähnten Beispiel des Klystronverstärkers mit der oben erwähnten Kennlinie wird die Nichtlinearität der Verstärkerkennlinie im wesentlichen geprägt durch die 3., 5., 7. und höhere Potenz der Eingangsamplitude U . Wenn es gelingt, am Ausgang diese Potenzglieder 3., 5., 7. usw. Potenz vollständig zu eliminieren, so daß nur noch das lineare Glied $a_1 \cdot U$ verbleibt, so ist eine ideale Kompensation erreicht. Mit den bekannten Diodenverzerrern ist dies nur näherungsweise möglich, da ein Diodenverzerrer in seinem Kompensations-Ausgangssignal zwar ebenfalls in bestimmter Folge Potenzen höherer Ordnung des Eingangssignales enthält, beispielsweise u. U. auch die 3. und 5. Potenz der Eingangsspannung, nicht jedoch in der sich aus

409833/0894

der Formel der jeweiligen Verstärkerkennlinie ergebenden anteilmäßigen Zusammensetzung (Faktoren $a_3, a_5 \dots a_n$) und meist auch nicht in der zur Kompensation erforderlichen Phasenbeziehung. Zudem enthält das Kompensations-Ausgangssignal von Diodenverzerrern auch immer noch den linearen Anteil, der bei der Kompensation möglichst unbeeinflusst bleiben soll. Im Gegensatz hierzu kann gemäß der Erfindung über die einzelnen Zweige jeweils exakt jedes einzelne Potenzglied der Potenzreihe der Verstärkerkennlinienformel synthetisch nachgebildet werden, für das obige Beispiel beispielsweise das Glied $a_3 U^3$ und $a_5 U^5$, und zwar durch das jedem einzelnen Zweig zugeordnete vorzugsweise einstellbare Phasendrehglied auch in der für die Kompensation nötigen Phasenlage, beispielsweise mit positivem Vorzeichen für das Glied 3. Potenz, mit negativem Vorzeichen für das Glied 5. Potenz usw. Um dabei eine phasenrichtige Zusetzung der Kompensationsglieder zu gewährleisten und positive und negative relative Phasenlagen zu ermöglichen, ist im Hauptsignalweg vorzugsweise eine Laufzeitleitung eingeschaltet. Für eine exakte Kompensation müßten sämtliche Glieder der Potenzreihe der Verstärkerkennlinienformel mit Ausnahme des linearen Gliedes kompensiert werden. In der Praxis genügt jedoch im allgemeinen eine Kompensation der niedrigeren Potenzglieder, beispielsweise des Gliedes 3. und 5. Potenz.

Bei Leistungsverstärkern dieser Art tritt u. U. zusätzlich noch eine störende, vom Aussteuerungsgrad abhängige Phasenmodulation auf, insbesondere bei mit Wanderfeldröhren bestückten Verstärkern. Obwohl durch das richtige Einstellen der Phasenlage der Kompensationssignale die unerwünschte aussteuerungsabhängige Phasenmodulation zumindest teilweise kompensiert wird, kann es in solchen Fällen zweckmäßig sein, zusätzlich noch ein Laufzeit- oder Phasendrehglied in dem das Eingangssignal unverzerrt übertragenden Kanal vor dem Zusetzen des

Kompensationssignales vorzusehen und dieses Laufzeitglied in Abhängigkeit vom linearen Anteil des Eingangssignales oder von einer Potenz dieses Eingangssignales oder u. U. auch in Abhängigkeit von der Summe einer oder mehrerer dieser Signale zu regeln. Vorteilhafterweise wird zu diesem Zweck die vorerwähnte Laufzeitkette steuerbar gestaltet. Diese zusätzliche Maßnahme ist insbesondere in Kombination mit der oben erwähnten Kompensationsmaßnahme nach der Erfindung von Vorteil, kann jedoch ebenso gut in Kombination mit anderen bekannten Schaltungen zur Kompensation der Nichtlinearität von Verstärkerkennlinien oder bei Bedarf eventuell auch nur allein angewendet werden.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand schematischer Zeichnungen an Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt das Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorverzerrerschaltung, die einem nichtlinearen Verstärker V, beispielsweise einem Klystron-Leistungsendverstärker, vorgeschaltet ist. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel besitzt dieser Verstärker V beispielsweise die oben erwähnte Verstärkerkennlinie, bei der im wesentlichen nur die ungeraden Potenzglieder die Nichtlinearität bestimmen. Das zu verstärkende Eingangssignal U wird einerseits unverzerrt einer Addierstufe A zugeführt und andererseits über die einzelnen Zweige I, II, III usw. eines Vorverzerrers E in vorbestimmter Weise verzerrt in dieser Addierstufe A dem unverzerrten Eingangssignal wieder zugesetzt. Jeder einzelne Zweig I, II, III usw. des Vorverzerrers umfaßt eine oder mehrere Multiplizierschaltungen, beispielsweise Multiplikatoren in Form von Vierquadrantenmodulatoren, multiplikativen Mischern oder dergleichen. Hierfür sind jedoch auch Logarithmierer mit nachgeschalteten Addierschaltungen und Delogarithmieren geeignet, also alle Arten von Multiplizierschaltungen,

409833/0894

die es erlauben, das Produkt aus zwei Eingangssignalen zu erzeugen. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt der Zweig I beispielsweise zwei Multiplikatoren M_1 und M_2 , von denen der erste M_1 das Quadrat aus dem seinen beiden Eingängen zugeführten Eingangssignal U bildet, während der zweite (M_2) aus diesem quadratischen Zwischenprodukt und dem Eingangssignal U die dritte Potenz des Eingangssignales erzeugt. Da nach der in Fig. 1 eingetragenen Formel für diesen Zweig das Dreifache der Grundfrequenz im allgemeinen außerhalb des Übertragungsbandes liegt und auch als Verzerrungsprodukt des Verstärkers V durch Selektionsmittel abgesiebt wird, verbleibt als Kompensationssignal in diesem Zweig nur der kubische Anteil $a_3 U^3 \sin \Omega t$ dieser Beziehung. Dieses der dritten Potenz entsprechende Ausgangssignal wird gegebenenfalls unter Zwischenschaltung von Selektionsmitteln über einen einstellbaren Verstärker D_I und ein ebenfalls einstellbares Phasendrehglied P_I der Addierstufe A zugefügt und hier mit dem unverzerrt übertragenen Eingangssignal U zu dem Ausgangssignal U_A zusammengesetzt, das gegebenenfalls unter Zwischenschaltung von Frequenzumsetzern dem Endverstärker V zugeführt wird und in gewünschter Weise kompensiert ist. Im zweiten Zweig II wird auf ähnliche Weise das Produkt U^5 erzeugt, in dem gezeigten Ausführungsbeispiel aus dem Ausgangssignal U^2 des Multiplikators M_1 und dem Produkt U^3 des Multiplikators M_2 in dem Multiplikator M_3 . Auch in diesem Zweig ist wieder ein einstellbarer Verstärker D_{II} und ein einstellbares Phasendrehglied P_{II} vorgesehen. Zum Ausgleich eventueller Laufzeitunterschiede in den einzelnen Multiplikatoren können in den einzelnen Zweigen eventuell noch zusätzliche Laufzeitglieder eingeschaltet werden, wie dies im Zweig II durch das Laufzeitglied L gestrichelt angedeutet ist. In ähnlicher Weise ist der nur schematisch angedeutete Zweig III aufgebaut, mit dem durch entsprechend viele Multiplikatoren oder durch geeignete Verknüpfung der in den Zweigen I und II bereits vorhandenen Multiplikatoren das Produkt U^7

409833/0894

gebildet wird, das dann wiederum in der Amplitude und Phase gesondert eingestellt der Addierstufe A zugeführt wird. Am Ausgang dieser Addierstufe A entsteht also synthetisch aufbereitet aus dem Eingangssignal U folgende Ausgangsspannung U_A :

$$U_A = a_1 U + a'_3 U^3 - a'_5 U^5 + a'_7 U^7 \dots a'_n U^n$$

Vernachlässigt man die höherpotenten Glieder der oben erwähnten Verstärkerkennlinie und führt diese Ausgangsspannung U_A durch den Verstärker V mit dieser oben erwähnten Kennlinie, so ergibt sich, daß sich die Glieder dritter, fünfter und siebter Potenz aufheben, wenn die Koeffizienten a bzw. a' entsprechenden Betrag und entgegengesetztes Vorzeichen besitzen - was durch entsprechende Einstellung der Verstärker D_I , D_{II} , D_{III} und der Phasendrehglieder P_I , P_{II} , P_{III} erreicht wird - und schließlich nur noch der lineare Anteil $a_1 U$ verbleibt, also am Ausgang des Verstärkers V ein unverzerrtes Signal auftritt.

Durch entsprechende Einstellung der Verstärker D, die u. U. auch als Abschwächer realisiert sein können, kann der Betrag der einzelnen Glieder beliebig eingestellt werden. Entsprechend kann durch die Phasendrehglieder und/oder Laufzeitglieder P der einzelnen Zweige jeweils die erforderliche Phase exakt eingestellt werden. Damit ist es möglich, beliebige komplexe Verzerrungen zu kompensieren, beispielsweise auch solche, die durch Umwandlung von Amplitudenmodulation in Phasenmodulation auftreten.

Damit die einzelnen Signale in der Addierstufe A laufzeitrichtig wieder zusammengesetzt werden, muß in der Regel in den das unverzerrte Signal U übertragenden Kanal noch ein zusätzliches Laufzeitglied T eingeschaltet werden, durch das die in den einzelnen Zweigen des Vorverzerrers E auftretenden Verzögerungen entsprechend kompensiert werden.

409833/0894

Bei Leistungsverstärkern, zum Beispiel Fernsehsender-Endstufen, tritt je nach Art des Verstärkers u. U. auch noch eine störende Phasenverzerrung, hervorgerufen durch Umwandlung von Amplitudenmodulation in Phasenmodulation, auf, insbesondere dann, wenn der Verstärker mit Wanderfeldröhren bestückt ist. Um auch solche Phasenverzerrungen auszugleichen, ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung nach Fig. 2 das in den unverzerrte Eingangssignal U übertragenden Kanal eingeschaltete Laufzeit- oder Phasendrehglied T_1 regelbar ausgeführt, und zwar wird es je nach Anforderung und Art der Verzerrung entweder unmittelbar in Abhängigkeit von dem linearen Anteil der gegebenenfalls demodulierten Eingangsspannung U oder einem gegebenenfalls demodulierten höherpotenten Anteil dieser Eingangsspannung geregelt.

In dem gezeigten Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 wird aus dem Eingangssignal U wieder über Multiplikatoren M_5 , M_6 , M_7 usw. synthetisch das Quadrat bzw. die dritte, fünfte bzw. n -te Potenz dieser Eingangsspannung erzeugt und diese höherpotenten Signale werden wieder über einstellbare Verstärker D einer Summierschaltung S zugeführt und dort zu einem Regelsignal zusammengesetzt. Selbstverständlich können analog der Schaltung nach Fig. 1 auch hier in den jeweiligen Zweigen für U^2 , U^3 ... U^n Laufzeit- und/oder Phasendrehglieder eingesetzt sein. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel werden in dieser Summierschaltung S das lineare Eingangssignal U zusammen mit dem Quadrat U^2 und der dritten und vierten Potenz U^3 bzw. U^4 dieser Eingangsspannung zu einem Regelsignal zusammengesetzt, über welches das Phasendrehglied T_1 entsprechend geregelt wird. Das Regelsignal kann beispielsweise durch einen der Summierschaltung S nachgeschalteten Demodulator B demoduliert werden, genauso gut könnte dies jedoch auch schon vor der Summierschaltung in jedem einzelnen Zweig durch die gestrichelt eingezeichneten Demodulatoren B' .

409833/0894

erfolgen. Die Art (Amplitude und Phase) des Regelsignales für das Phasendrehglied T1 richtet sich nach den auftretenden Phasenverzerrungen, die wiederum abhängig sind von der Art der verwendeten Schaltelemente in dem gesamten Verstärkerzug. Die erfindungsgemäße Schaltung nach Fig. 2 ermöglicht die Berücksichtigung der verschiedensten Verzerrungen, wie dies auch schon für die Amplitudenverzerrung nach Fig. 1 beschrieben ist. Die Regelschaltung nach Fig. 2 kann hierbei in Kombination mit jeder bekannten Schaltung zur Kompensation der Amplituden-Nichtlinearität eines Verstärkers kombiniert werden, sie wird jedoch vorzugsweise mit einer Kompensationsschaltung nach der Erfindung, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, kombiniert, wie dies in Fig. 2 mit dem Vorverzerrer E und der Addierstufe A angedeutet ist. Bei einer solchen Kombination der Schaltungen nach Fig. 1 und Fig. 2 können selbstverständlich die zur Aufbereitung der höherpotenten Glieder erforderlichen Schaltelemente (Multiplikatoren) mehrfach ausgenutzt werden, d.h. die eigentliche Verzerrerschaltung E kann mit der zur Aufbereitung des Regelsignales erforderlichen Schaltung nach Fig. 2 in geeigneter Weise integriert und verknüpft werden, so daß der Gesamtaufbau vereinfacht wird.

Patentansprüche

409833/0894

M

831 - P

Patentansprüche

1. Schaltung zur Kompensation der Nichtlinearität eines Verstärkers, insbesondere des Leistungsverstärkers eines Fernsehsenders, mit einem das zu verstärkende Eingangssignal in der Amplitude und gegebenenfalls auch in der Phase entsprechend nichtlinear verzerrenden und in der zur Kompensation erforderlichen Weise phasenverschiebenden Vorverzerrer, dessen Ausgangssignal dem unverzerrten Eingangssignal zugesetzt wird, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Vorverzerrer (E) aus mindestens zwei jeweils mit Multiplizierschaltungen (M_1 , M_2 , M_3) versehenen Zweigen (I, II, III) besteht und in jedem Zweig jeweils eine andere Potenz der Eingangsamplitude (zum Beispiel U^3 , U^5) der Potenzreihe der nichtlinearen Verstärkerkennlinie erzeugt wird.
2. Schaltung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t, daß jeder Zweig (I, II, III) eine gesonderte Einrichtung (D_I , D_{II} , D_{III}) zum Einstellen der Ausgangsamplitude aufweist.

409833/0894

3. Schaltung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß jeder Zweig (I, II, III) eine gesonderte Einrichtung (P_I , P_{II} , P_{III}) zum Einstellen der Phase aufweist.
4. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß in dem das Eingangssignal unverzerrt übertragenden Kanal ein die Laufzeiten im Vorverzerrer (E) kompensierendes Laufzeitglied (T) angeordnet ist.
5. Schaltung zur Kompensation von Phasenverzerrungen eines Verstärkers, insbesondere in Kombination mit einer Schaltung zur Kompensation der Amplituden-Nichtlinearitäten eines Verstärkers nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein in den das Eingangssignal (U) unverzerrt übertragenden Kanal angeordnetes regelbares Laufzeitglied (T1), das in Abhängigkeit vom Eingangssignal (U) oder einer Potenz (U^2 , U^3 ... U^n) derselben oder der Summe mehrerer dieser Signale geregelt ist.

409833/0894

13
Leerseite

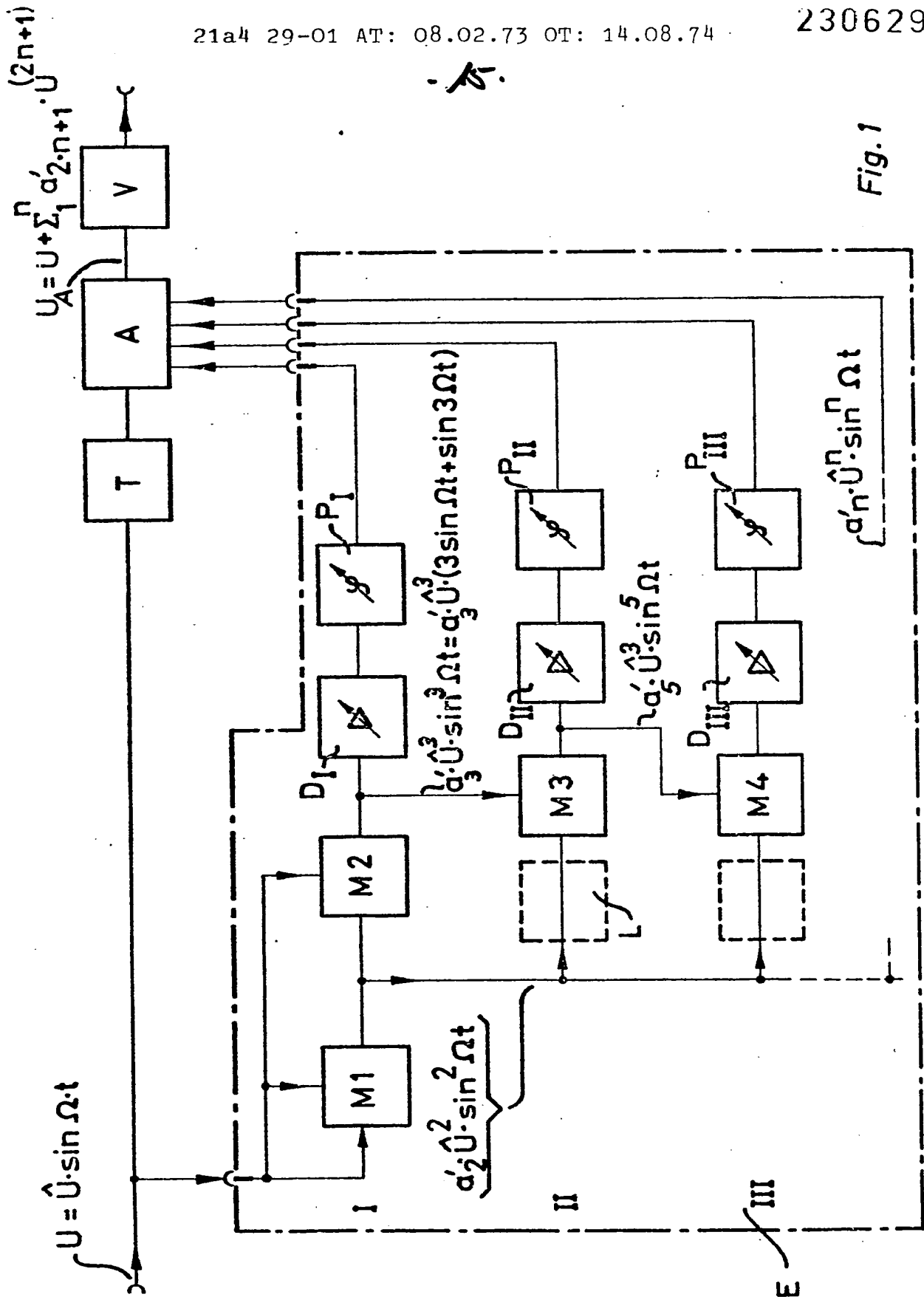
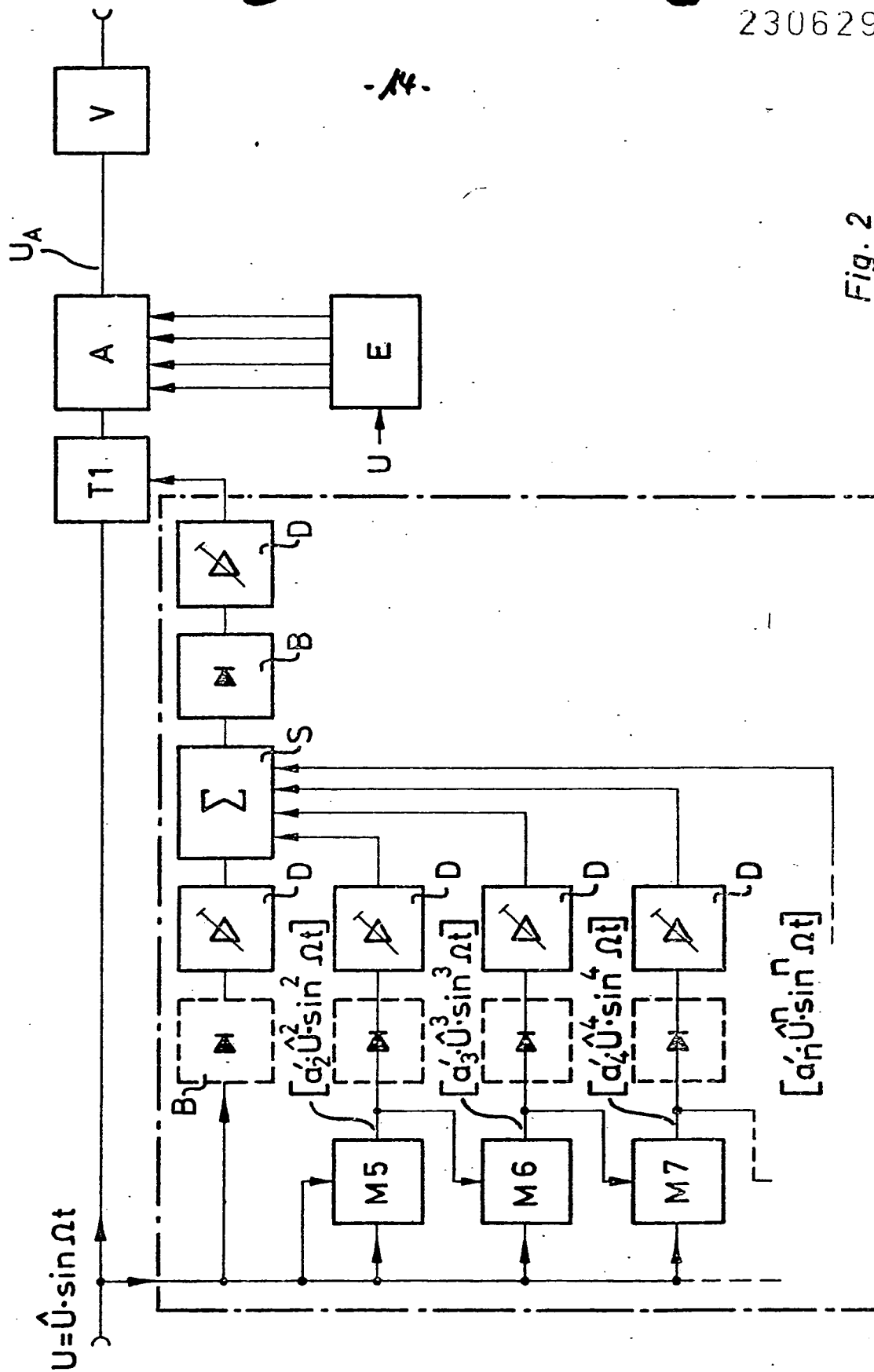


Fig. 1



BNSDOCID: <DE 2306294A1>

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)